

## ANALISIS RANCANGAN BUJUR SANGKAR GRAECO LATIN

Yuyun Naifular<sup>1</sup>, Triastuti Wuryandari<sup>2\*)</sup>, Yuciana Wilandari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

<sup>2,3</sup>Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

### ABSTRACT

The design of the experiment is a test or series of tests, using both descriptive statistics and inferential statistics that aims to transform the input variables into an output which is the response of the experiment. The Graeco Latin Square Design was built to control the diversity of component units of local control experiment of three is a row, column, and Greek letters. Terms the Graeco Latin Square Design is if the rows, columns, Latin letters, and Greek letters have the same level and each Greek letter appears only once in each row, column, and Latin letter. The steps in the analysis of the test Graeco Latin Square Design to test the normality of the error, homogeneity of variance test, determine the degrees of freedom, calculating Sum of Squares and Mean Square every factor. Next calculate the value of F for test row, column, treatments Latin letter, and treatment of Greek letters, draw up a table of variance analysis, and conclude whether there is any effect on the response variance of each source. If there is impact, it is necessary to further test using the Duncan test.

**Keywords:** experimental design, square, latin, graeco, rows, columns, greek letter

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Memasuki era globalisasi dalam segala bidang seperti sekarang ini menuntut berbagai pihak untuk melakukan penelitian terhadap segala aspek kehidupan dan menghasilkan sesuatu yang baru. Suatu penelitian dilakukan karena ingin mendapatkan jawaban atas berbagai macam pertanyaan dan prinsip-prinsip baru, ataupun untuk memecahkan masalah yang ada. Pada suatu percobaan atau penelitian, analisis akan bersifat eksak apabila semua asumsi, umumnya mengenai bentuk distribusi dapat dipenuhi. Akan tetapi pada kenyataannya pemenuhan asumsi tersebut sulit dilakukan, untuk meminimalkan kesalahan dalam penganalisaan dibutuhkan perencanaan ilmiah yang lebih dikenal dengan rancangan percobaan.

Menurut Gaspersz (1991), rancangan percobaan merupakan pengaturan pemberian perlakuan kepada unit-unit percobaan dengan maksud agar keragaman respons yang ditimbulkan oleh lingkungan dan keheterogenan percobaan yang digunakan dapat diminimalkan. Rancangan percobaan bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari satu faktor atau beberapa faktor tertentu dan untuk mengetahui pengaruh interaksi diantara faktor.

Dalam sebuah percobaan bila unit-unit percobaan relatif homogen, maka dibutuhkan suatu rancangan percobaan yang dapat mengendalikan variasi yang terjadi pada percobaan tersebut. Untuk menghilangkan dua jenis variasi digunakan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL). Tetapi dalam beberapa percobaan kadang-kadang terdapat pembatasan lain lagi kecuali pembatasan pada faktor baris dan faktor kolom yang dijumpai pada RBSL. Oleh karena itu diperlukan sebuah Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin. Dalam rancangan ini akan ada pembatasan ketiga yang terjadi terhadap faktor dengan taraf  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , . . . (ditulis dalam huruf-huruf Yunani).

### 1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Memahami rancangan percobaan khususnya Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin.

2. Menjelaskan analisis varian dengan model tetap pada Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin.
3. Menerapkan Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin dan analisis variannya pada contoh aplikasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perancangan Percobaan

Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik itu menggunakan statistika deskriptif maupun statistika inferesia, yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut. Tujuan akhir dari percobaan adalah untuk mengetahui apakah perlakuan dari percobaan itu berbeda nyata atau tidak nyata. Untuk mendapatkan jawaban yang lengkap dari suatu percobaan maka perlu dibuat suatu rancangan. . Dalam perancangan percobaan ada beberapa istilah yang dipergunakan, istilah–istilah tersebut yaitu perlakuan, satuan amatan, galat percobaan, dan analisis varian. Prinsip dasar dari perancangan percobaan adalah pengulangan (*replication*), pengacakan (*randomization*) dan pengendalian lingkungan (*local control*). Prinsip ini diperlukan untuk pendugaan yang valid dari galat percobaan dan usaha meminimumkan galat percobaan guna meningkatkan ketelitian percobaan. Menurut Montgomery (2009), hal–hal yang perlu diperhatikan dalam memilih rancangan untuk suatu percobaan adalah :

- a. Perlakuan yang akan dicobakan
- b. Unit percobaan yang digunakan
- c. Pengukuran dari respon yang diamati

### 2.2 Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)

Menurut Montgomery (2009), pada kondisi keheterogenan unit percobaan apabila tidak dapat dikendalikan melalui satu arah maka perlu dikendalikan menurut dua arah (kontrol lokal) yang biasa disebut dengan arah baris dan kolom. Rancangan yang bisa mengatasi keadaan ini dikenal dengan rancangan bujur sangkar latin (RBSL). Dalam RBSL perlakuan–perlakuan (biasanya dinotasikan dengan huruf latin A, B, C ... dan seterusnya) disusun dalam dua cara yaitu melalui baris dan kolom. Setiap perlakuan hanya muncul sekali dalam setiap baris dan kolom. Jumlah ulangan dalam RBSL ini harus sama dengan banyaknya perlakuan, dengan demikian rancangan ini tidak sesuai bila jumlah perlakuan banyak, karena harus disediakan satuan percobaan dalam jumlah besar. Demikian juga untuk perlakuan yang kurang dari 4, maka akan mengakibatkan derajat bebas galat kecil yang berarti pula galat percobaan akan menjadi besar.

### 2.3 Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin

#### 2.3.1 Pengertian

Menurut Widasari (2008), Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin (RBSGL) bertujuan untuk menghilangkan tiga jenis variasi. RBSGL digunakan apabila ditemui suatu keadaan dimana respon dipengaruhi oleh tiga sumber variasi selain perlakuan. RBSGL merupakan gabungan dari dua Rancangan Bujur Sangkar Latin yang saling ortogonal. Ciri khusus RBSGL yaitu:

1. Terdapat 4 buah faktor yaitu faktor baris, kolom, huruf–huruf Latin dan huruf–huruf Yunani
2. Keempat faktor mempunyai taraf yang sama
3. Setiap huruf Yunani hanya muncul sekali di setiap baris, kolom dan huruf Latin.

#### 2.3.2 Model Linier

Menurut Montgomery (2009), model linier yang digunakan untuk Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin ditulis sebagai berikut :

$$y_{ijkl} = \mu + \theta_i + \tau_j + \omega_k + \Psi_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Dengan

$i = 1, 2, \dots, p$

$j = 1, 2, \dots, p$

$k = 1, 2, \dots, p$

$l = 1, 2, \dots, p$

$y_{ijkl}$  = hasil observasi dalam baris ke- $i$ , kolom ke- $l$ , huruf Latin ke- $j$  dan huruf Yunani ke- $k$

$\mu$  = rata-rata keseluruhan

$\theta_i$  = efek baris ke- $i$

$\tau_j$  = efek huruf Latin ke- $j$

$\omega_k$  = efek huruf Yunani ke- $k$

$\psi_l$  = efek kolom ke- $l$

$\varepsilon_{ijkl}$  = Galat random

$(i, j, k, l)$  mempunyai  $p^2$  buah nilai sesuai RBSGL yang dipilih untuk penelitian.

### 2.3.3 Estimasi Parameter

Menurut Gaspersz (1991), jika model tetap yang digunakan dalam RBSGL, maka perlu diasumsikan berikut:

1.  $\sum_{i=1}^p \theta_i = 0, \sum_{j=1}^p \tau_j = 0, \sum_{k=1}^p \omega_k = 0, \sum_{l=1}^p \psi_l = 0$
2.  $\{\varepsilon_{ijkl}\} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

Dari model akan diperoleh penduga  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\theta}_i$ ,  $\hat{\tau}_j$ ,  $\hat{\omega}_k$  dan  $\hat{\psi}_l$  dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square*) dapat ditentukan parameter modelnya. Dibentuk fungsi  $L$  sebagai berikut:

$$L = \sum_{i=1}^p \sum_{(j)=1}^p \sum_{(k)=1}^p \sum_{l=1}^p \varepsilon_{ijkl}^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{(j)=1}^p \sum_{(k)=1}^p \sum_{l=1}^p (y_{ijkl} - \mu - \theta_i - \tau_j - \omega_k - \psi_l)^2$$

Dan diperoleh estimasi parameter sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{y}_{....}$$

$$\hat{\theta}_i = \bar{y}_{i...} - \bar{y}_{....}$$

$$\hat{\tau}_j = \bar{y}_{.j..} - \bar{y}_{....}$$

$$\hat{\omega}_k = \bar{y}_{...k.} - \bar{y}_{....}$$

$$\hat{\psi}_l = \bar{y}_{...l} - \bar{y}_{....}$$

### 2.3.4 Analisis Varian

Keragaman nilai-nilai observasi sebagai akibat pengaruh baris, kolom, perlakuan huruf Latin dan perlakuan huruf Yunani dapat dilihat dari Jumlah Kuadrat (JK) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$JK_{Total} = \sum_{i=1}^p \sum_{(j)=1}^p \sum_{(k)=1}^p \sum_{l=1}^p y_{ijkl}^2 - \frac{y_{....}^2}{p^2}$$

$$JK_{Baris} = \sum_{i=1}^p \frac{y_{i...}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$$

$$JK_{Latin} = \sum_{j=1}^p \frac{y_{.j..}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$$

$$JK_{Yunani} = \sum_{k=1}^p \frac{y_{...k.}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$$

$$JK_{Kolom} = \sum_{l=1}^p \frac{y_{...l}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$$

$$JK_{Galat} = JK_{Total} - JK_{Baris} - JK_{Latin} - JK_{Yunani} - JK_{Kolom}$$

Untuk perhitungan Kuadrat Tengah (KT) dan  $F_0$ :

$$\begin{aligned} KT_{Baris} &= \frac{JK_{Baris}}{p-1} & F_{0Baris} &= \frac{KT_{Baris}}{KT_{Galat}} \\ KT_{Latin} &= \frac{JK_{Latin}}{p-1} & F_{0Latin} &= \frac{KT_{Latin}}{KT_{Galat}} \\ KT_{Yunani} &= \frac{JK_{Yunani}}{p-1} & F_{0Yunani} &= \frac{KT_{Yunani}}{KT_{Galat}} \\ KT_{Kolom} &= \frac{JK_{Kolom}}{p-1} & F_{0Kolom} &= \frac{KT_{Kolom}}{KT_{Galat}} \\ KT_{Galat} &= \frac{JK_{Galat}}{(p-3)(p-1)} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh tabel Anova untuk RBSGL sebagai berikut:

Faktor	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	$F_0$
Baris	$p-1$	$\sum_{i=1}^p \frac{y_{i..}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$	$\frac{JK_{Baris}}{p-1}$	$\frac{KT_{Baris}}{KT_{Galat}}$
Huruf Latin	$p-1$	$\sum_{j=1}^p \frac{y_{.j.}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$	$\frac{JK_{Latin}}{p-1}$	$\frac{KT_{Latin}}{KT_{Galat}}$
Huruf Yunani	$p-1$	$\sum_{k=1}^p \frac{y_{..k.}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$	$\frac{JK_{Yunani}}{p-1}$	$\frac{KT_{Yunani}}{KT_{Galat}}$
Kolom	$p-1$	$\sum_{l=1}^p \frac{y_{...l}^2}{p} - \frac{y_{....}^2}{p^2}$	$\frac{JK_{Kolom}}{p-1}$	$\frac{KT_{Kolom}}{KT_{Galat}}$
Galat	$(p-3)(p-1)$	(dengan pengurangan)	$\frac{JK_{Galat}}{(p-3)(p-1)}$	
Total	$p^2-1$	$\sum_{i=1}^p \sum_{(j)=1}^p \sum_{(k)=1}^p \sum_{l=1}^p y_{ijkl}^2 - \frac{y_{....}^2}{p^2}$		

### 2.3.5 Uji Asumsi

#### 1. Asumsi Normalitas

Pengujian kenormalan galat dilakukan dengan uji Kolmogorov Smirnov dengan langkah-langkah sebagai berikut (Conover, 1980):

- a. Hipotesis:  
 $H_0$  : galat yang dihasilkan dari data berdistribusi normal  
 $H_1$  : galat yang dihasilkan dari data tidak berdistribusi normal
- b. Tingkat signifikansi  $\alpha$ .
- c. Statistik uji:  
 $KS = \sup |F^*(x) - S(x)|$
- d. Keputusan:  
 $H_0$  ditolak pada tingkat signifikansi  $\alpha$  jika  $KS > W_{1-\alpha}$  dengan  $W_{1-\alpha}$  adalah nilai kritis dari tabel Kolmogorov-Smirnov.

## 2. Uji Homogenitas

Homogenitas varian dapat diuji menggunakan uji Bartlett dengan langkah-langkah sebagai berikut (Montgomery, 2009):

- a. Hipotesis:  
 $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2$   
 $H_1$  : paling sedikit terdapat sepasang  $\sigma_i^2$  yang tidak sama
- b. Statistik Uji:

$$\chi_o^2 = 2,3026 \frac{q}{c}$$

Dimana :

$$q = (N - p) \log_{10} S_{pooled}^2 - \sum_{i=1}^p (n_i - 1) \log_{10} S_i^2$$

$$c = 1 + \frac{1}{3(p-1)} \left( \sum_{i=1}^p \frac{1}{(n_i - 1)} - \frac{1}{(N - p)} \right)$$

$$S_{pooled}^2 = \frac{\sum_{i=1}^p ((n_i - 1) S_i^2)}{(N - p)}$$

$S_i^2$  = varian sampel pada populasi ke-i

- c. Keputusan:  
 Tolak  $H_0$  jika  $\chi_o^2 > \chi_{\alpha, (p-1)}^2$  dimana  $\chi_{\alpha, (p-1)}^2$  adalah berdistribusi Chi Kuadrat dengan derajat bebas  $(p - 1)$ .

### 2.3.6 Uji Pengaruh dan Uji Lanjut

Uji pengaruh diperoleh dengan membandingkan nilai  $F_0$  dan  $F_{tabel}$ , jika  $F_0 > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak. Jadi dapat disimpulkan bahwa faktor berpengaruh terhadap respon. Dan apabila faktor menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui faktor mana yang paling berpengaruh. Langkah-langkah uji Duncan sebagai berikut (Gaspersz, 1991):

1. Mengurutkan rata-rata perlakuan dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Menghitung galat baku

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{KTG}{p}}$$

p = banyaknya pengulangan tiap perlakuan

3. Menghitung nilai kritis Duncan  $R_d$ , dihitung dengan rumus :

$$R_d = r_{d;db.galat} \cdot S_{\bar{y}}$$

Harga  $r_{d;db.galat}$  diperoleh dari tabel untuk perbandingan Duncan,  $d = 2, 3, \dots, p$ , dengan p : banyaknya perlakuan yang dibandingkan.

4. Dua rata-rata perlakuan dikatakan berbeda jika nilai mutlak dari selisih rata-rata tersebut lebih besar dari  $R_d$  yang bersesuaian.

### 2.3.7 Koefisien Determinasi dan Koefisien Keragaman

Koefisien determinasi merupakan ukuran besarnya persentase kontribusi faktor-faktor dan interaksinya terhadap variabilitas nilai respon (Suwanda, 2011). Nilai koefisien determinasi:

$$R^2 = \frac{JK_{Model}}{JK_{Total}}$$

Dan Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), koefisien keragaman didefinisikan sebagai

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}_{...}} \times 100\%.$$

Nilai KK menunjukkan derajat ketepatan dalam suatu percobaan tertentu.

Koefisien keragaman merupakan indeks keterandalan yang baik bagi suatu percobaan. Jika nilai KK semakin kecil, maka menunjukkan keterandalan suatu percobaan semakin tinggi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari buku *Design and Analysis of Experiments* edisi ketujuh halaman 160 karangan D.C Montgomery. Diadakan penelitian tentang proses kimia, proses kimia ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain material (1,2,3,4,5), konsentrasi asam (1,2,3,4,5), waktu proses (A, B, C, D, E), dan konsentrasi katalis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ).

### 3.2 Metode Analisis

Langkah-langkah dalam menganalisis Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin sebagai berikut:

1. Menguji kenormalan galat dengan uji normalitas, yaitu menggunakan Kolmogorov Smirnov. Jika galat tidak normal maka dapat dilakukan transformasi data.
2. Menguji homogenitas varian menggunakan nilai Bartlett. Apabila variansi tidak homogen maka dilakukan transformasi data.
3. Menguji pengaruh untuk masing-masing faktor, yaitu faktor baris, faktor kolom, faktor perlakuan huruf Latin, dan faktor perlakuan huruf Yunani.
4. Jika pada uji pengaruh kesimpulan yang diambil adalah menolak  $H_0$  atau menerima  $H_1$ , maka dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perlakuan mana yang menyebabkan  $H_0$  ditolak.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Asumsi

#### a. Uji Normalitas Galat

Hipotesis :

$H_0$  : galat berdistribusi normal

$H_1$  : galat tidak berdistribusi normal

Taraf Signifikansi :  $\alpha = 0,05$

Statistik Uji :

Diperoleh P-value  $> 0,150$  dengan nilai K-S 0,117

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika P-value  $< \alpha$  atau nilai K-S  $> W_{0,95;25}$

Keputusan:

Karena nilai P-value ( $> 0,150$ )  $> \alpha$  (0,05) atau  $W_{0,95;25} = 0,264$ , dan K-S (0,117)  $< W_{0,95;25}$  (0,264), maka  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa galat berasal dari distribusi normal.

#### b. Uji Homogenitas Varian

Hipotesis :

$H_0$  : variansi homogen

$H_1$  : variansi tidak homogen

Taraf Signifikansi :  $\alpha = 0,05$

Statistik Uji :

- Untuk faktor material diperoleh nilai Bartlett 1,11 dan p-value 0,893
- Untuk faktor konsentrasi asam diperoleh nilai Bartlett 2,95 dan p-value 0,566
- Untuk faktor waktu diperoleh nilai Bartlett 1,42 dan p-value 0,840
- Untuk faktor konsentrasi katalis diperoleh nilai Bartlett 4,78 dan p-value 0,311

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika P-value  $< \alpha$  atau nilai Bartlett  $> \chi^2_{0,05;4}$

Keputusan :

Karena untuk semua faktor, yaitu material, konsentrasi asam, waktu dan konsentrasi katalis mempunyai nilai Bartlett  $< \chi^2_{0,05;4}$  (9,49) atau P-value  $> \alpha$  (0,05), maka  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa variansi homogen.

#### 4.2 Tabel Anova

Dari perhitungan-perhitungan yang dilakukan, maka diperoleh tabel anova sebagai berikut:

Faktor	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	$F_0$	$F_{\text{tabel}}$
Material	4	10	2,5	0,43	3,84
Konsentrasi Asam	4	24,4	6,1	1,04	3,84
Waktu	4	342,8	85,7	14,65	3,84
Konsentrasi Katalis	4	12	3	0,51	3,84
Galat	8	46,8	5,85		
Total	24	436			

#### 4.3 Uji Pengaruh

- a. Pengaruh baris (material) terhadap respon (proses kimia)

Hipotesis:

$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_5 = 0$  (tidak ada pengaruh material terhadap proses kimia)

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $i$  dengan  $\theta_i \neq 0$  (ada pengaruh material, terhadap proses kimia),  $i = 1, 2, 3, 4, 5$

Taraf signifikansi:  $\alpha = 0,05$

Statistik uji:

Diperoleh nilai  $F_0$  sebesar 0,43

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika  $F_0 > F_{0,05;4;8}$

Keputusan :

Karena  $F_0 (0,43) < F_{0,05;4;8} (3,84)$ , maka  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa material tidak mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

- b. Pengaruh kolom (konsentrasi asam) terhadap respon (proses kimia)

Hipotesis:

$H_0 : \Psi_1 = \Psi_2 = \dots = \Psi_5 = 0$  (tidak ada pengaruh konsentrasi asam terhadap proses kimia)

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $l$  dengan  $\Psi_l \neq 0$  (ada pengaruh konsentrasi asam terhadap proses kimia),  $l = 1, 2, 3, 4, 5$

Taraf signifikansi:  $\alpha = 0,05$

Statistik uji:

Diperoleh nilai  $F_0$  sebesar 1,04

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika  $F_0 > F_{0,05;4;8}$

Keputusan :

Karena  $F_0 (1,04) < F_{0,05;4;8} (3,84)$ , maka  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam tidak mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

- c. Pengaruh huruf Latin (waktu) terhadap respon (proses kimia)

Hipotesis:

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_5 = 0$  (tidak ada pengaruh waktu terhadap proses kimia)

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $j$  dengan  $\tau_j \neq 0$  (ada pengaruh waktu terhadap proses kimia),  $j = 1, 2, 3, 4, 5$

Taraf signifikansi:  $\alpha = 0,05$

Statistik uji:

Diperoleh nilai  $F_0$  sebesar 14,65

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika  $F_0 > F_{0,05;4;8}$

Keputusan :

Karena  $F_0 (14,65) > F_{0,05;4;8} (3,84)$ , maka  $H_0$  ditolak. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

- d. Pengaruh perlakuan huruf Yunani (konsentrasi katalis) terhadap respon (proses kimia)

Hipotesis:

$H_0 : \omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_5 = 0$  (tidak ada pengaruh konsentrasi katalis terhadap proses kimia)

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $k$  dengan  $\omega_k \neq 0$  (ada pengaruh konsentrasi katalis terhadap proses kimia),  $k = 1, 2, 3, 4, 5$

Taraf signifikansi:  $\alpha = 0,05$

Statistik uji:

Diperoleh nilai  $F_0$  sebesar 0,51

Kriteria Uji :

Tolak  $H_0$  jika  $F_{hit} > F_{0,05;4;8}$

Keputusan :

Karena  $F_0 (0,51) < F_{0,05;4;8} (3,84)$ , maka  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi katalis tidak mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

Dari perhitungan uji pengaruh faktor terhadap respon yang diamati tersebut, dapat disimpulkan bahwa material, konsentrasi asam, dan konsentrasi katalis tidak mempengaruhi proses kimia. Sedangkan waktu mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

Diperoleh nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 89,27% dan nilai koefisien keragaman (KK) sebesar 14,06%.



#### 4.4 Uji Lanjut

Dari uji pengaruh yang dilakukan, terdapat satu faktor yang mempengaruhi proses kimia yaitu waktu. Maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji perbandingan berganda Duncan. Pada uji ini dapat disimpulkan bahwa faktor waktu A mempunyai pengaruh paling berbeda dibandingkan dengan faktor waktu lainnya, dengan rata-rata waktu A yaitu 23,6.

Waktu :	E	D	B	C	A
$\bar{y}$ :	13	15	15,6	18,8	23,6

———— = garis bawah berarti tidak berbeda

#### 5. KESIMPULAN

- Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin (RBSGL) adalah salah satu rancangan yang digunakan apabila ditemui suatu keadaan dimana respon dipengaruhi oleh tiga sumber variasi selain perlakuan.
- Rancangan Bujur Sangkar Graeco Latin merupakan gabungan dari dua Rancangan Bujur Sangkar Latin yang saling ortogonal. Dengan syarat baris, kolom, huruf Latin, dan huruf Yunani mempunyai taraf yang sama dan setiap huruf Yunani hanya muncul sekali di setiap baris, kolom, dan huruf Latin.
- Langkah-langkah analisis dalam RBSGL yaitu menguji kenormalan galat, menguji kehomogenan varian, menentukan derajat bebas, menghitung jumlah kuadrat dan kuadrat tengah setiap faktor. Selanjutnya menghitung nilai F untuk menguji pengaruh setiap faktor serta melakukan uji lanjut.
- Dalam contoh penerapan diketahui bahwa waktu (faktor huruf Latin) mempunyai pengaruh terhadap proses kimia dengan waktu A memberikan rata-rata proses kimia tertinggi. Sedangkan material (faktor baris), konsentrasi asam (faktor kolom), dan konsentrasi katalis (faktor huruf Yunani) tidak mempunyai pengaruh terhadap proses kimia.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Conover, W. J., 1980, *Practical Nonparametric Statistics*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Gaspersz, V., 1991, *Metode Perancangan Percobaan*, Armico, Bandung.
- Gaspersz, V., 1991, *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*, Tarsito, Bandung.
- Mattjik, A.A., Sumertajaya, I.M., 2000, *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid 1*, Edisi Kedua, IPB-Press, Bogor.
- Montgomery, D. C., 2009, *Design and Analysis of Experiments*, 7th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sudjana, 1991, *Desain dan Analisis Eksperimen*, Edisi Ke-3, Tarsito, Bandung.
- Suwanda, 2011, *Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah*, Alfabeta, Bandung.
- Widasari, S., 2008, *Buku Materi Pokok Rancangan Percobaan*, Karunika Universitas Terbuka, Jakarta.

